

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-004840

(43)Date of publication of application : 12.01.2001

(51)Int.Cl.

G02B 5/30
G02B 5/08

(21)Application number : 11-176065

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 22.06.1999

(72)Inventor : ORINO TATEKI

OSHIMA SHIGERU

(54) POLARIZING BEAM SPLITTER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a polarizing beam splitter having polarization and separation characteristics high both in reflectance of S polarized component and in transmittance of P polarized component and has a small asymmetry.

SOLUTION: In this polarized beam splitter, a dielectric multi-layer film constituted by thin film layers made of relatively high refractance substance and thin film layers made of low refractance substance repeatedly is formed on a joint face of two light transmissive substrates, the dielectric multilayer film includes a first lamination layer having a film configuration of H/L/H/L/H and a second lamination layer having a film configuration of H/L/H/L/H, and an average value of optical film thickness of the thin film layers H and L constituting the first lamination layer is (H1) and (L1) and an average value of optical film thickness of the thin film layers constituting the second lamination layer is (H2) and (L2). A ratio of (H1) to (L1) calculated by using a smaller value among (H1) and (L1) as denominator is R1, a ratio of average value (H2) to (L2) is R2, and a smaller ratio among the ratios R1 and R2 is Q1 and a large ratio among them is Q2. When $m=1$ to 3 and $n=1$ to 4, each equation, $0.95m \leq Q1 \leq 1.2m$, $0.9(m+n) \leq Q2 \leq 1.4(m+n)$, $2 \leq m+n \leq 5$ is satisfied.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-4840

(P2001-4840A)

(49) 公開日 平成13年1月12日 (2001.1.12)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

キーワード(参考)

G 0 2 B 5/30

G 0 2 B 5/30

2 H 0 4 2

5/08

5/08

A 2 H 0 4 9

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願平11-176085

(22) 出願日

平成11年6月22日 (1999.6.22)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 折野 干城

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72) 発明者 大島 茂

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 100075948

弁理士 日比谷 征彦

Fターム(参考) 2H042 DA08 DA12 DA18 DB01 DC02
DE07

2H049 BA05 BA43 BC01 BC21

(54) 【発明の名称】 偏光ビームスプリッタ

(57) 【要約】 (修正有)

 $2 \leq m+n \leq 5$

【課題】 S偏光成分の反射率とP偏光成分の透過率が共に高く、非対称性が少ない偏光分離特性を有する偏光ビームスプリッタを提供する。

【解決手段】 相対的に高屈折率物質から成る薄膜層と、低屈折率物質から成る薄膜層とを繰り返して構成する誘電体多層膜を、2つの光透過性基板の接合面に形成し、誘電体多層膜は膜構成がH/L/H/L/Hである第1の積層と、膜構成がH/L/H/L/Hである第2の積層とを含み、第1の積層を構成する薄膜層H及びLの光学的膜厚の平均値を、 $\langle H1 \rangle$ 及び $\langle L1 \rangle$ 、第2の積層では $\langle H2 \rangle$ 及び $\langle L2 \rangle$ とする。 $\langle H1 \rangle$ と $\langle L1 \rangle$ の内小さい方を分母とした $\langle H1 \rangle$ と $\langle L1 \rangle$ の比をR1とし、平均値 $\langle H2 \rangle$ と $\langle L2 \rangle$ の比をR2とし、これらの比R1とR2の内の小さい方をQ1大きい方をQ2とし、 $m=1\sim 3$ 、 $n=1\sim 4$ のとき、次式を満足して、偏光分離特性の光入射角度依存性を軽減できる。

 $0.95m \leq Q1 \leq 1.2m$ $0.9(m+n) \leq Q2 \leq 1.4(m+n)$

(2) 特開2001-4840 (P2001-48ch)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 相対的に高屈折率物質から成る薄膜層Hと相対的に低屈折率物質から成る薄膜層Lとを交互に繰り返して構成する誘電体多層膜を、2つの光透過性基板の接合面に形成した偏光ビームスプリッタにおいて、前記誘電体多層膜は、膜構成がH/L/H/L/Hである第1の積層と、膜構成がH/L/H/L/Hである第2の積層とを含み、前記第1の積層を構成する薄膜層H及び薄膜層Lの光学的膜厚の平均値をそれぞれ〈H1〉及び〈L1〉とし、前記第2の積層を構成する薄膜層H及び薄膜層Lの光学的膜厚の平均値をそれぞれ〈H2〉及び〈L2〉とし、前記平均値〈H1〉と〈L1〉の内の小さい方を分母とする平均値〈H1〉と〈L1〉の比をR1とし、前記平均値〈H2〉と〈L2〉の内の小さい方を分母とする平均値〈H2〉と〈L2〉の比をR2として、これらの比R1と比R2の内の小さい方をQ1、大きい方をQ2とし、mを1～3までの整数、nを1～4までの整数とするときに、次式を満足することを特徴とする偏光ビームスプリッタ。

$$0.95m \leq Q1 \leq 1.2m$$

$$0.9(m+n) \leq Q2 \leq 1.4(m+n)$$

$$2 \leq m+n \leq 5$$

【請求項2】 前記平均値〈H1〉と〈L1〉の内の小さい方をM1とし、前記平均値〈H2〉と〈L2〉の内の小さい方をM2として、これら平均値M1とM2の内の小さい方を分母としたM1とM2の比をR3とするときに、次式を満足する請求項1に記載の偏光ビームスプリッタ。

$$1.0 \leq R3 \leq 1.7$$

【請求項3】 前記第1の積層を構成する薄膜層Hの内の任意の1つの薄膜層の光学的膜厚をH1とし、前記第1の積層を構成する薄膜層Lの内の任意の1つの薄膜層の光学的膜厚をL1とし、前記第2の積層を構成する薄膜層Hの内の任意の1つの薄膜層の光学的膜厚をH2とし、前記第2の積層を構成する薄膜層Lの内の任意の薄膜層の光学的膜厚をL2としたときに、次式に示す条件を満足する請求項1又は2に記載の偏光ビームスプリッタ。

$$0.80 \leq H1 / \langle H1 \rangle \leq 1.15$$

$$0.90 \leq L1 / \langle L1 \rangle \leq 1.10$$

$$0.70 \leq H2 / \langle H2 \rangle \leq 1.55$$

$$0.85 \leq L2 / \langle L2 \rangle \leq 1.10$$

【請求項4】 前記薄膜層Hの屈折率をnh、前記薄膜層Lの屈折率をnl、前記光透過性基板の屈折率をng、前記接合面への入射光束の主光線の入射角をθとしたときに、前記屈折率nh、nl、ngを設計基準波長における値とすると、次の条件式を満足する請求項1～3の何れか1つの請求項に記載の偏光ビームスプリッタ。

$$0.9 \leq nh \cdot nl / ((\sin \theta) \cdot ng \cdot (nh^2 +$$

$$nl^2))^{1/2} \leq 1.1$$

【請求項5】 前記第1の積層及び前記第2の積層を構成する薄膜層Hを同一成分の物質から成る薄膜層とし、前記第1の積層及び前記第2の積層を構成する薄膜層Lを同一成分の物質から成る薄膜層とした請求項1～4の何れか1つの請求項に記載の偏光ビームスプリッタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学系の集光光束中又は発散光束中において出射光と入射光を分岐する際に、透過光及び反射光を分離する偏光分離特性を有する偏光ビームスプリッタに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、平行光束中において使用される偏光ビームスプリッタとして、相対的に高屈折率物質から成る薄膜層と相対的に低屈折率物質から成る薄膜層とを、交互に繰り返して光透過性基板の接合面に形成した誘電体多層膜を、偏光分離面として使用しているものが知られている。

【0003】偏光ビームスプリッタを構成する光透過性基板の材質をG、相対的に高屈折率物質から成る薄膜層をH、相対的に低屈折率物質から成る薄膜層をLとする。そして、光透過性基板の材質G、薄膜層H、薄膜層Lの屈折率、薄膜層の光学的膜厚を、それぞれng、nh、nl、ndとする。ここで、これらのng、nl、ndは設計基準波長780nmにおける値とする。

【0004】一般的に従来から使用されている偏光ビームスプリッタの偏光分離面に形成された誘電体多層膜は、光の進行順にG/H/L/.../H/L/Hの総数17層の薄膜交互層で構成されており、ng、nh、nl、ndは次の通りである。

【0005】G: ng = 1.74 (S-TIH4; 株式会社OHARA製)

H: TiO₂、nh = 2.26、nd = 223nm

L: SiO₂、nl = 1.5、nd = 223nm

【0006】このようにして、各界面でブリュースタ角の条件を満足する薄膜層Hと薄膜層Lの光学的膜厚の比を1:1として構成し、この誘電体多層膜を蒸着した光透過性基板を、設計基準波長780nmにおける屈折率nb = 1.56の光透過性接着剤によって、同一材質のS-TIH4から成る光透過性基板を接合して、偏光ビームスプリッタを形成している。

【0007】図8はこの偏光ビームスプリッタの偏光分離面に、平行光束が入射角45°で入射した時の偏光分離特性の波長依存性を示し、S偏光成分の反射率をRS、P偏光成分の透過率をTPで表している。波長510～820nmまでの範囲においては、これら反射率RSと透過率TPとが共に100%に近く、極めて良好な偏光分離特性を示す偏光ビームスプリッタとなっている。このように従来例の偏光ビームスプリッタは、偏光

(3) 特開2001-4840(P2001-48 -

分離面に対して平行光束を入射角 45° で入射させたときに、最も効率の良い偏光分離特性を示すものである。

【0008】図9は光学装置を小型化又は簡素化する必要性からアフォーカル系を廃止して、Fナンバー=2.0となる光学系の集光光束中に偏光ビームスプリッタを配置した場合について、波長780nmにおける偏光分離特性の角度依存性を示している。ここで、横軸の角度は偏光ビームスプリッタのガラス中における値で表しており、Fナンバーが2.0に相当する光線入射角は、 45° を中心として $37^\circ \sim 53^\circ$ までの範囲である。

【0009】偏光分離面への入射角 45° を中心として -4° よりも小傾角側の透過光と、 $+4^\circ$ よりも大傾角側の透過光は、共にP偏光成分の透過率TPの非対称性が著しい。同様に、入射角 45° を中心に -7° よりも小傾角側の反射光と、 $+7^\circ$ よりも大傾角側の反射光も、共にS偏光成分の反射率RSの非対称性が著しい。このように、従来例の偏光ビームスプリッタの偏光分離特性は非対称な角度依存性を有している。

【0010】従来、光ピックアップ装置等のように光軸方向補正機構を備える投受光装置においては、位置検出用受光素子として4分割センサを利用することが多い。このような受光素子を用いる場合には、受光面上の受光ビームスポットが小さ過ぎると、4分割センサの無感度領域である十字状分離帯にビームスポットが落ち込んでしまい、位置検出出力が無くなるという現象を起こしたり、十字状分離帯を横切る際に検出出力が急激に変化して、光軸方向制御が不安定になるという現象を起こす。

【0011】一方、受光ビームスポットが大き過ぎると感度が悪くなり、高周波成分の揺れに対して、光軸方向制御が追従できなくなる。従って、このような光軸方向補正制御における不都合を解決するために、集光点よりもデフォーカスした位置に4分割センサの受光面位置を設定して、受光ビームスポットには適切な広がりを持たせるのが一般的である。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来例の集光光束中に偏光ビームスプリッタを使用した光学装置では、4分割センサの受光面上で非対称な光強度分布の受光ビームスポットを受光することになり、光強度分布が非対称な場合は、受光ビームスポットが十字状分離帯を横切る方向によって光軸ずれ検出感度が異なり、光軸方向制御の不安定要因となる。

【0013】また、装置を組み立てる際に、位置検出用光学系の光軸と投光光学系の光軸との光軸調整を行うときに、光学装置の前方に配置した反射工具を用いて、装置自身から投影された光束の反射光を利用する方法が一般に採用されている。このような光軸調整を行う際に、投光光に光強度分布に非対称性があると、組立調整時の光軸と実使用時の光軸とが異なり、これが位置検出誤差となって光軸調整誤差の原因となる。

【0014】本発明の目的は、上述の問題点を解消し、光入射角度依存性を軽減して非対称性が少ない極めて効率の良い偏光分離特性を有する偏光ビームスプリッタを提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明に係る偏光ビームスプリッタは、相対的に高屈折率物質から成る薄膜層Hと相対的に低屈折率物質から成る薄膜層Lとを交互に繰り返して構成する誘電体多層膜を、2つの光透過性基板の接合面に形成した偏光ビームスプリッタにおいて、前記誘電体多層膜は、膜構成がH/L/H/L/Hである第1の積層と、膜構成がH/L/H/L/Hである第2の積層とを含み、前記第1の積層を構成する薄膜層H及び薄膜層Lの光学的膜厚の平均値をそれぞれ $\langle H1 \rangle$ 及び $\langle L1 \rangle$ とし、前記第2の積層を構成する薄膜層H及び薄膜層Lの光学的膜厚の平均値をそれぞれ $\langle H2 \rangle$ 及び $\langle L2 \rangle$ とし、前記平均値 $\langle H1 \rangle$ と $\langle L1 \rangle$ の内の小さい方を分母とする平均値 $\langle H1 \rangle$ と $\langle L1 \rangle$ の比をR1とし、前記平均値 $\langle H2 \rangle$ と $\langle L2 \rangle$ の内の小さい方を分母とする平均値 $\langle H2 \rangle$ と $\langle L2 \rangle$ の比をR2として、これらの比R1と比R2の内の小さい方をQ1、大きい方をQ2とし、mを1～3までの整数、nを1～4までの整数とするときに、次式を満足することを特徴とする。

【0016】 $0.95m \leq Q1 \leq 1.2m$

$0.9(m+n) \leq Q2 \leq 1.4(m+n)$

$2 \leq m+n \leq 5$

【0017】

【発明の実施の形態】本発明を図1～図7に図示の実施例に基づいて詳細に説明する。図1は偏光ビームスプリッタの構成図を示し、三角柱状の光透過性基板1の接合面に、誘電体多層膜2を真空蒸着により形成した後に、同形の三角柱状の光透過性基板3を光透過性接着剤により接合して、立方体形状の偏光ビームスプリッタが構成されている。

【0018】この偏光ビームスプリッタを光学系中に配置すると、入射光束Iの中心光線である主光線が、偏光ビームスプリッタの基板1の光入射面に対して垂直に入射し、誘電体多層膜2の偏光分離面に対しては 45° で入射して、一部の光成分が透過光Tとして誘電体多層膜2を透過し、残りの光成分が反射光Rとして誘電体多層膜2で反射される。

【0019】本実施例の誘電体多層膜2は、薄膜層H及び薄膜層Lの屈折率をそれぞれ n_h 及び n_l とし、光透過性基板1、3の材質Gの屈折率を n_g とし、入射光束Iの中心光線と偏光分離面との成す角を θ としたときに、入射光束Iの中心入射光束において、最も効率の良い偏光分離特性とするために、プリースタ角の条件を満たす角度 θ は次の条件式を満足する。

$0.9 \leq n_h \cdot n_l / ((\sin \theta) \cdot n_g \cdot (n_h^2 +$

(4) 特開2001-4840(P2001-4840)

$$n1^{1/2}) \leq 1.1$$

【0020】ここで、入射角 θ を 45° として、次の条件式を満足するように諸元 nh 、 nl 、 ng を設定している。ただし、諸元 nh 、 nl 、 ng は設計基準波長 780nm における値である。

$$【0021】0.4 \leq nh^2 \cdot nl^2 / [ng^2 \cdot \{(nh)^2 + (nl)^2\}] \leq 0.6$$

ここで、諸元 nh 、 nl 、 ng の値は次に示す通りである。

【0022】 $G: ng = 1.74$ (S-TIH4: 株式会社OHARA製)

H: TiO_2 、 $nh = 2.26$

L: SiO_2 、 $nl = 1.45$

【0023】本発明の偏光ビームスプリッタは、P偏光成分とS偏光成分に対して、共に最も効率の良い偏光分離特性とするために、相対的に高屈折率物質から成る薄膜層Hと相対的に低屈折率物質から成る薄膜層Lとを交互に繰り返して、全薄膜層の開始層と最終層とを共に高屈折率物質から成る薄膜層Hで誘電体多層膜を構成し、この誘電体多層膜を2つの光透過性基板の接合面に形成して偏光ビームスプリッタとしている。

【0024】具体的には、誘電体多層膜は膜構成がH/L/H/L/Hである第1の積層と、膜構成がH/L/H/L/Hである第2の積層とを含み、第1の積層を構成する薄膜層H及び薄膜層Lの光学的膜厚の平均値をそれぞれ $\langle H1 \rangle$ 及び $\langle L1 \rangle$ とし、第2の積層を構成する薄膜層H及び薄膜層Lの光学的膜厚の平均値をそれぞれ $\langle H2 \rangle$ 及び $\langle L2 \rangle$ とし、平均値 $\langle H1 \rangle$ と $\langle L1 \rangle$ の内の小さい方を分母とする平均値 $\langle H1 \rangle$ と $\langle L1 \rangle$ の比を $R1$ とし、平均値 $\langle H2 \rangle$ と $\langle L2 \rangle$ の内の小さい方を分母とする平均値 $\langle H2 \rangle$ と $\langle L2 \rangle$ の比を $R2$ として、これらの比 $R1$ と比 $R2$ の内の小さい方を $Q1$ 、大きい方を $Q2$ とし、 m を1~3までの整数、 n を1~4までの整数とするとときに、次式を満足する偏光

ビームスプリッタとする。

【0025】

$$0.95m \leq Q1 \leq 1.2m \quad \dots(1)$$

$$0.9(m+n) \leq Q2 \leq 1.4(m+n) \quad \dots(2)$$

$$2 \leq m+n \leq 5 \quad \dots(3)$$

【0026】また、平均値 $\langle H1 \rangle$ と $\langle L1 \rangle$ の内の小さい方を $M1$ とし、平均値 $\langle H2 \rangle$ と $\langle L2 \rangle$ の内の小さい方を $M2$ として、これら平均値 $M1$ と $M2$ の内の小さい方を分母とした $M1$ と $M2$ の比を $R3$ とするとときに、次式を満足することが好ましい。

$$1.0 \leq R3 \leq 1.7 \quad \dots(4)$$

【0027】また、第1の積層を構成する薄膜層Hの内の任意の1つの薄膜層の光学的膜厚を $H1$ とし、第1の積層を構成する薄膜層Lの内の任意の1つの薄膜層の光学的膜厚を $L1$ とし、第2の積層を構成する薄膜層Hの内の任意の1つの薄膜層の光学的膜厚を $H2$ とし、第2の積層を構成する薄膜層Lの内の任意の薄膜層の光学的膜厚を $L2$ としたときに、次式に示す条件を満足することが好ましい。

【0028】

$$0.80 \leq H1 / \langle H1 \rangle \leq 1.15 \quad \dots(5)$$

$$0.90 \leq L1 / \langle L1 \rangle \leq 1.10 \quad \dots(6)$$

$$0.70 \leq H2 / \langle H2 \rangle \leq 1.55 \quad \dots(7)$$

$$0.85 \leq L2 / \langle L2 \rangle \leq 1.10 \quad \dots(8)$$

【0029】なお、2つの積層を全てH/L/H/L/Hの5層としているが、これを6層以上で構成すれば更に特性を改善することが可能となる。

【0030】第1の実施例の偏光ビームスプリッタは、条件式(1)の下限值及び条件式(4)の下限値を満足する実施例であり、次の表1に示すような構成で、誘電体多層膜2は薄膜層の総数を17層で形成した膜構成としている。

【0031】

表1

基板/層番号	材質/主成分	屈折率	光学的膜厚 nd (nm)
基板3	S-TIH4	$ng = 1.74$	-
光透過性接着剤		$nb = 1.56$	-
第17層	TiO_2	$nh = 2.26$	501
第16層	SiO_2	$nl = 1.45$	561
~第11層	TiO_2	$nh = 2.26$	140
第10層	SiO_2	$nl = 1.45$	272
第9層	TiO_2	$nh = 2.26$	216
第8層	SiO_2	$nl = 1.45$	281
~第3層	TiO_2	$nh = 2.26$	141
第2層	SiO_2	$nl = 1.45$	205
第1層	TiO_2	$nh = 2.26$	153
基板1	S-TIH4	$ng = 1.74$	-

【0032】本実施例の誘電体多層膜2は、光透過性基板1上において、第1層目に光学的膜厚が 153nm の

薄膜層Hを形成し、第2層目に光学的膜厚が 205nm の薄膜層Lを形成した後に、第3層目から光学的膜厚が

(5) 特開2001-4840 (P2001-485)

141 nmの薄膜層Hと光学的膜厚が281 nmの薄膜層Lの交互層を3回繰り返す。この内の第3層目から第7層目のH/L/H/L/Hの薄膜交互層を第1の積層としている。

【0033】続いて、第9層目に光学的膜厚が216 nmの薄膜層Hを形成し、第10層目に光学的膜厚272 nmの薄膜層Lを形成した後に、第11層目から光学的膜厚が140 nmの薄膜層Hと光学的膜厚が561 nmの薄膜層Lの交互層を3回繰り返す。この内の第11層目から第15層目までのH/L/H/L/Hの薄膜交互層を第2の積層としている。そして、最後の第17層目

に光学的膜厚が501 nmの薄膜層Hを形成して、総数17層の薄膜層で構成する誘電体多層膜2としている。

【0034】これによって、第1の積層を構成する薄膜層H及び薄膜層Lの光学的膜厚の平均値〈H1〉及び〈L1〉は、それぞれ141 nm及び281 nmとなる。そして、第2の積層を構成する薄膜層H及び薄膜層Lの光学的膜厚の平均値〈H2〉及び〈L2〉は、それぞれ140 nm及び561 nmとなる。各諸元を次の表2に示す。

【0035】

表2

第1の積層の薄膜層Hの光学的膜厚の平均値	〈H1〉=141 nm
第1の積層の薄膜層Lの光学的膜厚の平均値	〈L1〉=281 nm
第2の積層の薄膜層Hの光学的膜厚の平均値	〈H2〉=140 nm
第2の積層の薄膜層Lの光学的膜厚の平均値	〈L2〉=561 nm
条件式(1)	$R1 = \langle L1 \rangle / \langle H1 \rangle = 0.996m = Q1$
条件式(2)	$R2 = \langle L2 \rangle / \langle H2 \rangle = 1.00(m+n) = Q2$
条件式(3)	$m = n = 2, m+n = 4$
条件式(4)	$M1 = \langle H1 \rangle = 141, M2 = \langle H2 \rangle = 140$ $R3 = M1/M2 = 1.01$
条件式(5)、(6)	$H1 / \langle H1 \rangle = L1 / \langle L1 \rangle = 1$
条件式(7)、(8)	$H2 / \langle H2 \rangle = L2 / \langle L2 \rangle = 1$

【0036】このような誘電体多層膜2を有する偏光ビームスプリッタについて、図1に示すような光入射条件で透過及び反射したときの、波長780 nmにおけるP偏光成分の透過率をTP及びS偏光成分の反射率をRSとして、偏光分離特性の角度依存性を表すグラフを図2に示す。

【0037】本実施例の偏光ビームスプリッタは、偏光分離面に対する光入射角45°を中心としたときの小傾角側及び大傾角側の透過光において、P偏光成分の透過

率TPの非対称性が目立ち始める。従って、条件式(1)において、「Q1/m」の値は0.95が下限値となる。また、条件式(4)において、「R3」の値は1.0が下限値となる。

【0038】第2の実施例の偏光ビームスプリッタは、条件式(1)の上限値及び条件式(4)の上限値を満足する実施例であり、次の表3に本実施例の誘電体多層膜2の膜構成を示す。

【0039】

表3

基板/層番号	材質/主成分	屈折率	光学的膜厚nd (nm)
基板3	S-TiH4	$n_g = 1.74$	-
光透過性接着剤		$n_b = 1.56$	-
第17層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	326
第16層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	456
第15層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	100
～第10層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	501
第9層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	221
第8層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	168
～第3層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	201
第2層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	311
第1層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	252
基板1	S-TiH4	$n_g = 1.74$	-

【0040】本実施例の誘電体多層膜2は、光透過性基板1上において、第1層目に光学的膜厚が252 nmの薄膜層Hを形成し、第2層目に光学的膜厚が311 nmの

薄膜層Lを形成した後に、第3層目から光学的膜厚が201 nmの薄膜層Hと光学的膜厚が168 nmの薄膜層Lの交互層を3回繰り返す。この内の第3層目から第7

(6) 特開2001-4840(P2001-4840)

層目までのH/L/H/L/Hの薄膜交互層を第1の積層としている。

【0041】続いて、第9層目に光学的膜厚が221nmの薄膜層Hを形成した後に、第10層目から光学的膜厚が501nmの薄膜層Lと光学的膜厚が100nmの薄膜層Hの交互層を3回繰り返す。この内の第11層目から第15層目までのH/L/H/L/Hの薄膜交互層を第2の積層としている。その後、第16層目に光学的膜厚が456nmの薄膜層L、そして最後の第17層目に光学的膜厚が326nmの薄膜層Hを形成して、総

数17層の薄膜層で構成する誘電体多層膜2としている。

【0042】これによって、第1の積層を構成する薄膜層H及び薄膜層Lの光学的膜厚の平均値〈H1〉及び〈L1〉は、それぞれ201nm及び168nmとなる。そして、第2の積層を構成する薄膜層H及び薄膜層Lの光学的膜厚の平均値〈H2〉及び〈L2〉は、それぞれ100nm及び501nmとなる。各諸元を次の表4に示す。

【0043】

表4

第1の積層の薄膜層Hの光学的膜厚の平均値	〈H1〉=201nm
第1の積層の薄膜層Lの光学的膜厚の平均値	〈L1〉=168nm
第2の積層の薄膜層Hの光学的膜厚の平均値	〈H2〉=100nm
第2の積層の薄膜層Lの光学的膜厚の平均値	〈L2〉=501nm
条件式(1)	$R1 = \langle H1 \rangle / \langle L1 \rangle = 1.20m = Q1$
条件式(2)	$R2 = \langle L2 \rangle / \langle H2 \rangle = 1.00(m+n) = Q2$
条件式(3)	$m=1, n=4, m+n=5$
条件式(4)	$M1 = \langle L1 \rangle = 168, M2 = \langle H2 \rangle = 100$ $R3 = M1/M2 = 1.68$
条件式(5)、(6)	$H1/\langle H1 \rangle = L1/\langle L1 \rangle = 1$
条件式(7)、(8)	$H2/\langle H2 \rangle = L2/\langle L2 \rangle = 1$

【0044】このような誘電体多層膜2を有する偏光ビームスプリッタについて、図1に示すような光入射条件で光透過及び光反射したときの、波長780nmにおけるP偏光成分の透過率をTP及びS偏光成分の反射率をRSとして、偏光分離特性の角度依存性を表すグラフを図3に示す。

【0045】本実施例による偏光ビームスプリッタは、偏光分離面に対する光入射角45°を中心としたときの小傾角側及び大傾角側の透過光において、局所的にP偏

光成分の透過率TPの非対称性が目立ち始める。従って、条件式(1)において、「Q1/m」の値は1.2が上限値となる。また、条件式(4)において、「R3」の値は1.7が上限値となる。

【0046】第3の実施例の偏光ビームスプリッタは、条件式(2)の上限値及び下限値を満足する実施例である。次の表5に本実施例の誘電体多層膜2の膜構成を示す。

【0047】

表5

基板/層番号	材質/主成分	屈折率	光学的膜厚nd (nm)
基板3	S-TiH4	$n_g = 1.74$	-
光透過性接着剤		$n_b = 1.56$	-
第17層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	282
第16層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	442
～第11層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	162
第10層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	153
第9層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	444
第8層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	182
～第3層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	182
第2層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	178
第1層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	408
基板1	S-TiH4	$n_g = 1.74$	-

【0048】本実施例の誘電体多層膜2は、光透過性基板1上において第1層目に光学的膜厚が408nmの薄膜層Hを形成し、第2層目に光学的膜厚が178nmの薄膜層Lを形成した後に、第3層目から光学的膜厚が共

に182nmの薄膜層Hと薄膜層Lの交互層を3回繰り返す。この内の第3層目から第7層目までのH/L/H/L/Hの薄膜交互層を第1の積層としている。

【0049】続いて、第9層目に光学的膜厚が444nm

(7) 特開2001-4840(P2001-48E)

mの薄膜層Hを形成し、第10層目に光学的膜厚が153nmの薄膜層Lを形成した後に、第11層目から光学的膜厚が162nmの薄膜層Hと光学的膜厚が442nmの薄膜層Lの交互層を3回繰り返す。この内の第11層目から第15層目までのH/L/H/L/Hの薄膜交互層を第2の積層としている。そして、最後の第17層目に光学的膜厚が282nmの薄膜層Hを形成して、総数17層の薄膜層で構成する誘電体多層膜2としてい

る。

【0050】これによって、第1の積層を構成する薄膜層H及び薄膜層Lの光学的膜厚の平均値〈H1〉及び〈L1〉は共に182nmとなる。そして、第2の積層を構成する薄膜層H及び薄膜層Lの光学的膜厚の平均値〈H2〉及び〈L2〉は、それぞれ162nm及び442nmとなる。各諸元を次の表6に示す。

【0051】

表6

第1の積層の薄膜層Hの光学的膜厚の平均値	〈H1〉=182nm
第1の積層の薄膜層Lの光学的膜厚の平均値	〈L1〉=182nm
第2の積層の薄膜層Hの光学的膜厚の平均値	〈H2〉=162nm
第2の積層の薄膜層Lの光学的膜厚の平均値	〈L2〉=442nm
条件式(1)	$R1 = \langle H1 \rangle / \langle L1 \rangle = 1.00m = Q1$
条件式(2)	$R2 = \langle L2 \rangle / \langle H2 \rangle = 0.91(m+n) = Q2$
	又は $R2 = 1.36(m+n) = Q2$
条件式(3)	$m=1, n=1, m+n=2$
	又は $m=1, n=2, m+n=5$
条件式(4)	$M1 = \langle H1 \rangle = \langle L1 \rangle = 182$
	$M2 = \langle H2 \rangle = 162$
	$R3 = M1/M2 = 1.12$
条件式(5)、(6)	$H1/\langle H1 \rangle = L1/\langle L1 \rangle = 1$
条件式(7)、(8)	$H2/\langle H2 \rangle = L2/\langle L2 \rangle = 1$

【0052】このような誘電体多層膜2を有する偏光ビームスプリッタについて、図1に示すような光入射条件で光透過及び光反射したときの波長780nmにおけるP偏光成分の透過率をTP及びS偏光成分の反射率をRSとして、偏光分離特性の角度依存性を表すグラフを図4に示す。

【0053】本実施例による偏光ビームスプリッタは、偏光分離面に対する光入射角45°を中心としたときの小傾角側及び大傾角側の透過光において、P偏光成分の透過率TPは比較的に対称性は良好である。

【0054】しかし、第2の積層を構成する薄膜層Hと

薄膜層Lの光学的膜厚の比を見ると、整数比からのずれが大きくなり、薄膜蒸着における膜厚制御が難しくなるので、実際に蒸着される膜厚の設計値に対する誤差が現われ易い。これによって、P偏光成分の透過率TPの対称性が崩れ易くなる。従って、条件式(2)において、「 $Q2/(m+n)$ 」の値は0.9が下限値で1.4が上限値となる。

【0055】第4の実施例の偏光ビームスプリッタは、条件式(3)の上限値を満足する実施例である。次の表7に本実施例の誘電体多層膜2の膜構成を示す。

【0056】

表7

第4の実施例			
基板/層番号	材質/主成分	屈折率	光学的膜厚nd (nm)
基板3	S-TiH4	$n_g = 1.74$	—
光透過性接着剤		$n_b = 1.56$	—
第17層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	617
第16層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	285
～第11層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	142
第10層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	300
第9層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	121
第8層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	548
～第3層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	108
第2層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	301
第1層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	266
基板	S-TiH4	$n_g = 1.74$	—

(8) 特開2001-4840 (P2001-485)

【0057】本実施例の誘電体多層膜2は、光透過性基板1上において、第1層目に光学的膜厚が266nmの薄膜層Hを形成し、第2層目に光学的膜厚が301nmの薄膜層Lを形成した後に、第3層目から光学的膜厚が108nmの薄膜層Hと光学的膜厚が548nmの薄膜層Lの交互層を3回繰り返す。この内の第3層目から第7層目までのH/L/H/L/Hの薄膜交互層を第1の積層としている。

【0058】続いて、第9層目に光学的膜厚が121nmの薄膜層Hを形成し、第10層目に光学的膜厚が300nmの薄膜層Lを形成した後に、第11層目から光学的膜厚が142nmの薄膜層Hと光学的膜厚が285nmの薄膜層Lの交互層を3回繰り返す。この内の第11

層目から第15層目までのH/L/H/L/Hの交互層を第2の積層としている。そして、最後の第17層目に光学的膜厚が617nmの薄膜層Hを形成して、総数17層の薄膜層で構成する誘電体多層膜2としている。

【0059】これによって、第1の積層を構成する薄膜層H及び薄膜層Lの光学的膜厚の平均値〈H1〉及び〈L1〉は、それぞれ108nm及び548nmとなる。更に、第2の積層を構成する薄膜層H及び薄膜層Lの光学的膜厚の平均値〈H2〉及び〈L2〉は、それぞれ142nm及び285nmとなる。各諸元を次の表8に示す。

【0060】

表8

第1の積層の薄膜層Hの光学的膜厚の平均値	〈H1〉=108nm
第1の積層の薄膜層Lの光学的膜厚の平均値	〈L1〉=548nm
第2の積層の薄膜層Hの光学的膜厚の平均値	〈H2〉=142nm
第2の積層の薄膜層Lの光学的膜厚の平均値	〈L2〉=285nm
条件式(1)	$R1 = \langle L1 \rangle / \langle H1 \rangle = 1.01 (m+n)$
条件式(2)	$= Q2, R2 = \langle L2 \rangle / \langle H2 \rangle = 1.00 = Q1$
条件式(3)	$m=2, n=3, m+n=5$
条件式(4)	$M1 = \langle H1 \rangle = 108, M2 = \langle H2 \rangle = 142$
	$R3 = M2 / M1 = 1.31$
条件式(5)、(6)	$H1 / \langle H1 \rangle = L1 / \langle L1 \rangle = 1$
条件式(7)、(8)	$H2 / \langle H2 \rangle = L2 / \langle L2 \rangle = 1$

【0061】以上のような誘電体多層膜2を有する偏光ビームスプリッタについて、図1に示すような光入射条件で光透過及び光反射したときの波長780nmにおけるP偏光成分の透過率をTP及びS偏光成分の反射率をRSとして、偏光分離特性の角度依存性を表すグラフを図5に示す。

【0062】本実施例による偏光ビームスプリッタは、偏光分離面に対する光入射角45°を中心にしたときの

小傾角側及び大傾角側の透過率において、P偏光成分の透過率TPの非対称性が目立ち始める。従って、条件式(3)において、「m+n」の値は5が上限値となる。

【0063】第5の実施例の偏光ビームスプリッタは、条件式(3)の下限値及び条件式(7)の上限値を満足する実施例である。次の表9に本実施例の誘電体多層膜2の膜構成を示す。

【0064】

表9

基板/層番号	材質/主成分	屈折率	光学的膜厚nd (nm)
基板3	S-TiH4	$n_g = 1.74$	-
光透過性接着剤		$n_b = 1.56$	-
第17層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	321
第16層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	407
第15層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	152
第14層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	477
第13層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	149
第12層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	446
第11層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	203
第10層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	241
第9層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	198
第8層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	211
第7層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	179
第6層	TiO ₂	$n_h = 2.26$	201
第5層	SiO ₂	$n_l = 1.45$	183

(9) 特開2001-4840 (P2001-480)

第4層	SiO ₂	nl = 1.45	282
第3層	TiO ₂	nh = 2.26	175
第2層	TiO ₂	nh = 2.26	173
第1層	SiO ₂	nl = 1.45	100
基板1	S-TiH4	ng = 1.74	-

【0065】本実施例の誘電体多層膜2は、光透過性基板1上において、第1層目に光学的膜厚が100nmの薄膜層Hを形成し、第2層目に光学的膜厚が173nmの薄膜層Lを形成し、第3層目に光学的膜厚が175nmの薄膜層Hを形成し、第4層目に光学的膜厚が282nmの薄膜層Lを形成する。その後、第5層目から第9層目までに、光学的膜厚の平均値が187nmの薄膜層Hと、光学的膜厚の平均値が206nmの薄膜層Lが、H/L/H/L/Hの薄膜交互層で構成する第1の積層を形成する。

【0066】続いて、第10層目に光学的膜厚が241

nmの薄膜層Lを形成し、第11層目に光学的膜厚が203nmの薄膜層Hを形成し、第12層目に光学的膜厚が446nmの薄膜層Lを形成している。そして、第13層目から第17層目までに、光学的膜厚の平均値が207nmの薄膜層Hと、光学的膜厚の平均値が442nmの薄膜層Lが、H/L/H/L/Hの薄膜交互層で構成する第2の積層を形成して、総数17層の薄膜層で構成する誘電体多層膜2としている。各諸元を次の表10に示す。

【0067】

表10

第1の積層の薄膜層Hの光学的膜厚の平均値	$\langle H1 \rangle = 187 \text{ nm}$
第1の積層の薄膜層Lの光学的膜厚の平均値	$\langle L1 \rangle = 206 \text{ nm}$
第2の積層の薄膜層Hの光学的膜厚の平均値	$\langle H2 \rangle = 207 \text{ nm}$
第2の積層の薄膜層Lの光学的膜厚の平均値	$\langle L2 \rangle = 442 \text{ nm}$
条件式(1)	$R1 = \langle L1 \rangle / \langle H1 \rangle = 1.10 = Q1$
条件式(2)	$R2 = \langle L2 \rangle / \langle H2 \rangle = 1.07 (m+n) = Q2$
条件式(3)	$m=n=1, m+n=2$
条件式(4)	$M1 = \langle H1 \rangle = 187, M2 = \langle H2 \rangle = 207$ $R3 = M2 / M1 = 1.11$
条件式(5)	$0.96 \leq H1 / \langle H1 \rangle \leq 1.06$
条件式(6)	$0.98 \leq L1 / \langle L1 \rangle \leq 1.02$
条件式(7)	$0.72 \leq H2 / \langle H2 \rangle \leq 1.55$
条件式(8)	$0.92 \leq L2 / \langle L2 \rangle \leq 1.08$

【0068】このような誘電体多層膜2を有する偏光ビームスプリッタについて、図1に示すような光入射条件で光透過及び光反射したときの波長780nmにおけるP偏光成分の透過率TP及びS偏光成分の反射率RSを表す偏光分離特性の角度依存性を表すグラフを図6に示す。

【0069】本実施例による偏光ビームスプリッタは、偏光分離面に対する光入射角45°を中心としたときの小傾角側及び大傾角側の透過光において、P偏光成分の透過率TPの対称性は良好である。

【0070】しかし、第2の積層を構成する薄膜層Hの光学的膜厚の平均値 $\langle H2 \rangle$ に対するそれぞれの薄膜層

Hの光学的膜厚H2との膜厚差が大きくなる。これによって、薄膜蒸着における膜厚制御が難しくなるために、実際に蒸着される膜厚の設計値に対する誤差が出易くなり、P偏光成分の透過率TPの対称性も崩れ易くなる。従って、条件式(7)において、「 $H2 / \langle H2 \rangle$ 」の値は1.55が上限値となり、また「 $m+n$ 」の値は2となって、条件式(3)の下限値となる。

【0071】第6の実施例の偏光ビームスプリッタは、条件式(5)、(6)、(8)の上限値及び下限値、そして条件式(7)の下限値を満足する実施例である。次の表11に本実施例の誘電体多層膜2の膜構成を示す。

【0072】

表11

基板/層番号	材質/主成分	屈折率	光学的膜厚nd (nm)
基板3	S-TiH4	ng = 1.74	-
	光透過性接着剤	nh = 1.56	-
第13層	TiO ₂	nh = 2.26	285
第12層	SiO ₂	nl = 1.45	407
第11層	TiO ₂	nh = 2.26	146

(10) 特開2001-4840(P2001-48

第10層	SiO ₂	nl=1.45	502
第9層	TiO ₂	nh=2.26	188
第8層	SiO ₂	nl=1.45	325
第7層	TiO ₂	nh=2.26	194
第6層	SiO ₂	nl=1.45	240
第5層	TiO ₂	nh=2.26	208
第4層	SiO ₂	nl=1.45	200
第3層	TiO ₂	nh=2.26	147
第2層	SiO ₂	nl=1.45	180
第1層	TiO ₂	nh=2.26	265
基板1	S-TiH4	ng=1.74	-

【0073】本実施例の誘電体多層膜2は、光透過性基板1上において、第1層目に光学的膜厚が265nmの薄膜層H、第2層目に光学的膜厚が180nmの薄膜層Lを形成した後に、第3層目から第7層目までに、光学的膜厚の平均値が183nmの薄膜層Hと光学的膜厚の平均値が220nmの薄膜層Lが、H/L/H/L/Hの薄膜交互層により構成されて第1の積層を形成している。

【0074】続いて、第8層目に光学的膜厚が325nmの薄膜層Lを形成した後に、第9層目から第13層目までに、光学的膜厚の平均値が206nmの薄膜層Hと光学的膜厚の平均値が455nmの薄膜層Lが、H/L/H/L/Hの薄膜交互層により構成されて第2の積層を形成して、総数17層の薄膜層で構成する誘電体多層膜2としている。各諸元を次の表12に示す。

【0075】

表12

第1の積層の薄膜層Hの光学的膜厚の平均値	$\langle H1 \rangle = 183 \text{ nm}$
第1の積層の薄膜層Lの光学的膜厚の平均値	$\langle L1 \rangle = 220 \text{ nm}$
第2の積層の薄膜層Hの光学的膜厚の平均値	$\langle H2 \rangle = 206 \text{ nm}$
第2の積層の薄膜層Lの光学的膜厚の平均値	$\langle L2 \rangle = 455 \text{ nm}$
条件式(1)	$R1 = \langle L1 \rangle / \langle H1 \rangle = 1.20 \text{ m} = Q1$
条件式(2)	$R2 = \langle L2 \rangle / \langle H2 \rangle = 1.11 \text{ (m+n)} = Q2$
条件式(3)	$m=1, n=1, m+n=2$
条件式(4)	$M1 = \langle H1 \rangle = 183, M2 = \langle H2 \rangle = 206$ $R3 = M2 / M1 = 1.13$
条件式(5)	$0.80 \leq H1 / \langle H1 \rangle \leq 1.14$
条件式(6)	$0.91 \leq L1 / \langle L1 \rangle \leq 1.09$
条件式(7)	$0.71 \leq H2 / \langle H2 \rangle \leq 1.38$
条件式(8)	$0.89 \leq L2 / \langle L2 \rangle \leq 1.10$

【0076】このような誘電体多層膜2を有する偏光ビームスプリッタについて、図1に示すような光入射条件で光透過及び光反射した場合に、波長780nmにおけるP偏光成分の透過率をTPとし、S偏光成分の反射率をRSとした時の偏光分離特性の角度依存性を表すグラフを図7に示す。

【0077】本実施例による偏光ビームスプリッタは、偏光分離面に対する光入射角45°を中心としたときの小傾角側及び大傾角側の透過光において、P偏光成分の透過率TPの対称性は良好であるが、P偏光成分の透過率TPの周辺光の透過率低下が目立ち始める。

【0078】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る偏光ビームスプリッタは、相対的に高屈折率の薄膜層Hと、相対的に低屈折率の薄膜層Lを交互に積層した第1の積層と第2の積層を含む誘電体多層膜を形成し、これらの2

つの積層における薄膜層Hと薄膜層Lの光学的膜厚の比を異なる整数比の組み合わせとなるように構成したことにより、偏光分離特性の光入射角度依存性を軽減することができ、これによって、集光光束中又は発散光束中において、S偏光成分の反射率とP偏光成分の透過率とが共に高く非対称性が少ない極めて効率の良い偏光分離特性を得ることができ、光ピックアップ装置等の光学系を小型化又は簡素化することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例の偏光ビームスプリッタの構成図である。

【図2】偏光分離特性の角度依存性のグラフ図である。

【図3】第2の実施例の偏光分離特性の角度依存性のグラフ図である。

【図4】第3の実施例の偏光分離特性の角度依存性のグラフ図である。

(11) 特開2001-4840 (P2001-48 'e

【図5】第4の実施例の偏光分離特性の角度依存性のグラフ図である。

【図6】第5の実施例の偏光分離特性の角度依存性のグラフ図である。

【図7】第6の実施例の偏光分離特性の角度依存性のグラフ図である。

【図8】従来例の平行光束中における偏光分離特性の波長依存性のグラフ図である。

【図9】従来例の集光光束中における偏光分離特性のグ

ラフ図である。

【符号の説明】

1、3 光透過性基板

2 誘電体多層膜

I 入射光

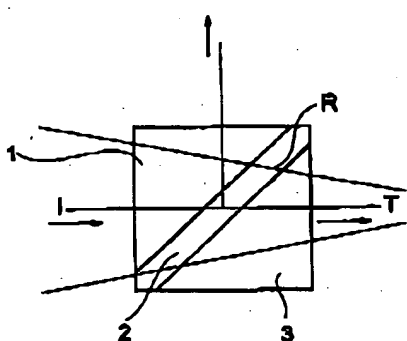
T 透過光

R 反射光

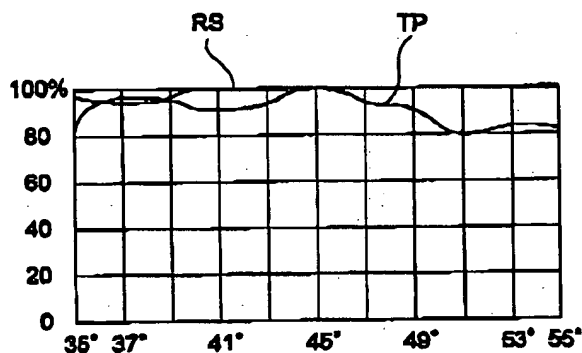
TP P偏光成分の透過率

RS S偏光成分の反射率

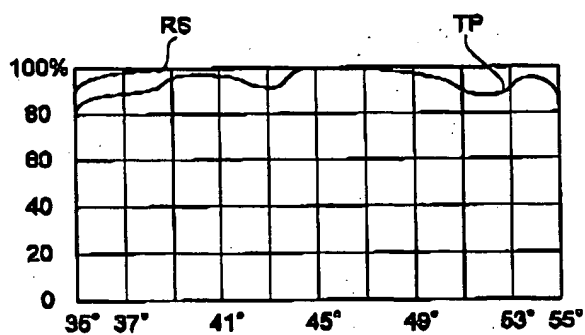
【図1】



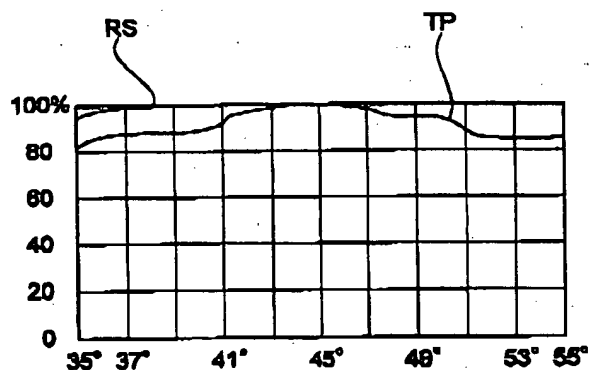
【図2】



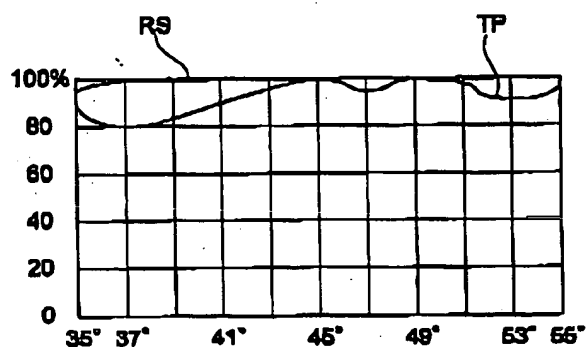
【図3】



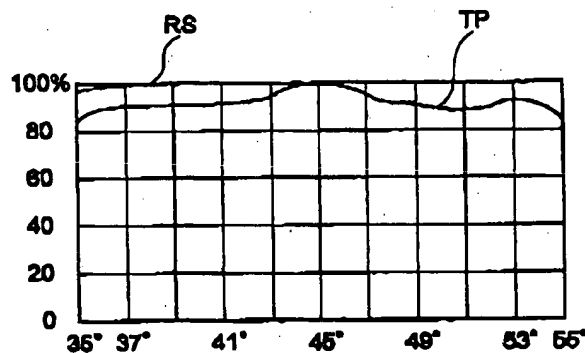
【図4】



【図5】

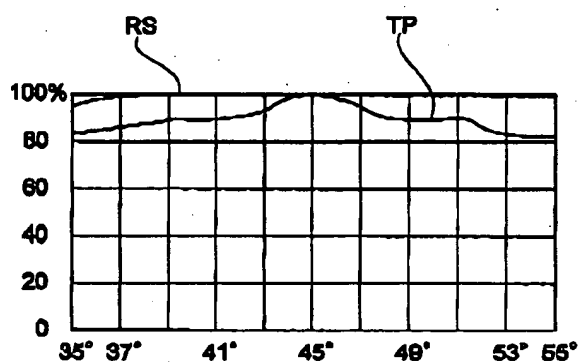


【図6】

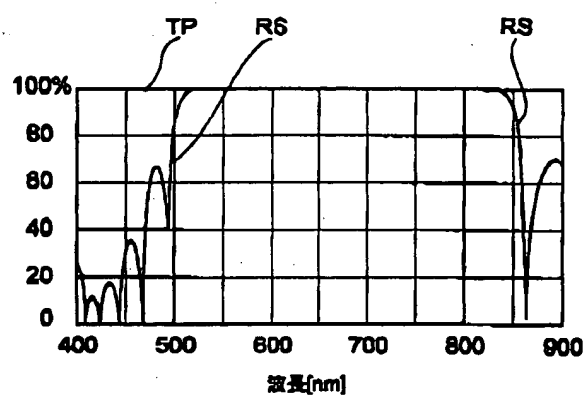


(12) 特開2001-4840 (P2001-48 L)

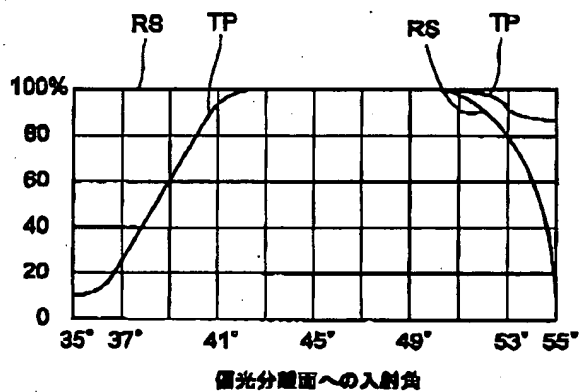
【図7】



【図8】



【図9】



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-211906

(P2002-211906A)

(43) 公開日 平成14年7月31日 (2002.7.31)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F1	キーワード (参考)
C01B	3/33	C01B 3/38	4G040
	3/32	3/32	A 4G140
	3/48	3/48	5H027
H01M	8/04	H01M 8/04	P
			N

審査請求 未請求 請求項の数17 OL (全13頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-4840 (P2001-4840)

(22) 出願日 平成13年1月12日 (2001.1.12)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 市橋 孝

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 井口 哲

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内